

526,159

Rec'd PCT/PTO 01 MAR 2005

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
18 mars 2004 (18.03.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/023682 A1(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H04B 11/00

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2002/014900

(22) Date de dépôt international :

24 décembre 2002 (24.12.2002)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

02078628.1 4 septembre 2002 (04.09.2002) EP

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : ETA SA  
MANUFACTURE HORLOGERE SUISSE [CH/CH];  
Schild-Rust-Strasse 17, CH-2540 Grenchen (CH).

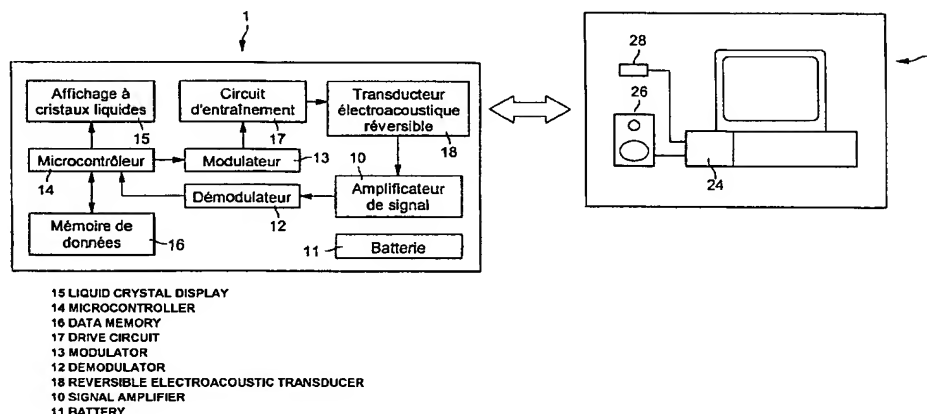
(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : BARRAS,  
David [CH/CH]; Badenerstrasse 35, CH-8952 Schlieren  
(CH).(74) Mandataire : I C B Ingénieurs Conseils en Brevets SA;  
Rue des Sors 7, CH-2074 Marin (CH).(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,  
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,  
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK,  
SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU,  
ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DATA TRANSMISSION SYSTEM AND METHOD USING SOUND WAVES

(54) Titre : SYSTEME ET PROCEDE DE TRANSMISSION DE DONNEES PAR ONDES ACOUSTIQUES



(57) Abstract: The invention relates to a method of transmitting data using sound waves between an emitting device (2) and a receiving device (1). The aforementioned emitting device is provided with a first electroacoustic transducer (26) for transmitting a sound carrier wave at at least one frequency and means for modulating the sound carrier wave according to the data to be transmitted. The receiving device is provided with a second electroacoustic transducer (18) for receiving the sound carrier wave which has been modulated by the emitting device and means for demodulating the sound carrier wave and extracting the transmitted data from same. The first and second electroacoustic transducers are each provided with a determined bandwidth and frequency-response characteristic. The frequency of the sound carrier wave is varied over a determined period of time in order to scan a determined range of frequencies in the bandwidth common to the first and second electroacoustic transducers, such that the frequency of the transmitted sound carrier wave at no time coincides with a peak or a dip in the frequency-response characteristic of the first or second electroacoustic transducer. The invention also relates to a data transmission system for carrying out said method.

(57) Abrégé : Il est décrit un procédé de transmission de données par ondes acoustiques entre un dispositif d'émission (2) et un dispositif de réception (1), le dispositif d'émission étant muni d'un premier transducteur électroacoustique (26) pour transmettre une onde porteuse

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/023682 A1



(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

acoustique à au moins une fréquence et de moyens pour moduler l'onde porteuse acoustique en fonction de données à transmettre, et le dispositif de réception étant muni d'un second transducteur électroacoustique (18) pour recevoir l'onde porteuse acoustique modulée par le dispositif d'émission et de moyens pour démoduler l'onde porteuse acoustique et en extraire les données transmises. Les premier et second transducteurs électroacoustiques présentent chacun une bande-passante et une caractéristique de réponse en fréquence déterminées. La fréquence de l'onde porteuse acoustique est variée, durant une période de temps déterminée, pour balayer une gamme de fréquences déterminée dans la bande-passante commune aux premier et second transducteurs électroacoustiques, de sorte que la fréquence de l'onde porteuse acoustique transmise ne coïncide pas en tout temps avec un pic ou un creux de la caractéristique de réponse en fréquence du premier ou du second transducteur électroacoustique. Il est également décrit un système de transmission de données pour la mise en œuvre du procédé ci-dessus.

SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE TRANSMISSION DE DONNÉES  
PAR ONDES ACOUSTIQUES

La présente invention concerne de manière générale des systèmes et des procédés de transmission de données par ondes acoustiques.

Par « onde acoustique » on entendra, dans le cadre de la présente description, une onde élastique produisant un son audible ou inaudible selon sa longueur ou, en d'autres termes, une onde élastique dont la longueur dans le milieu de propagation considéré correspond à une fréquence infrasonore, sonore, voire ultrasonore.

Des systèmes employant des ondes acoustiques pour la transmission de données sont déjà connus. Le document US 4,242,745 décrit par exemple une pièce d'horlogerie munie d'un transducteur électroacoustique pour recevoir des données transmises par modulation d'une onde porteuse acoustique générée par un dispositif d'émission externe.

Le document US 4,320,387 décrit un dispositif portable ainsi qu'un procédé de communication de données par ondes acoustiques. Dans ce document, il est notamment proposé de transmettre des données par ultrasons au moyen d'un transducteur électroacoustique. Il est en particulier proposé de transmettre les données par une technique de modulation en fréquence de l'onde porteuse acoustique (technique connue sous la dénomination « Frequency Shift Keying » ou FSK).

Les documents US 5,719,825 et US 5,848,027 décrivent tous deux un système pour l'enregistrement et le traitement de données personnelles d'un utilisateur (par exemple l'activité physique d'un athlète) comportant notamment un terminal informatique et une pièce d'horlogerie électronique susceptibles de communiquer par ondes acoustiques. Plus particulièrement, la pièce d'horlogerie est munie d'un transducteur électroacoustique (un élément piézoélectrique) pour transmettre les données personnelles de l'utilisateur vers le terminal informatique, ce dernier étant lui-même pourvu d'un microphone pour la réception des ondes acoustiques générées par la pièce d'horlogerie.

Le document EP 1 075 098, au nom du présent Déposant, décrit quant à lui un circuit convertisseur d'un signal acoustique ainsi qu'un procédé de communication bidirectionnelle par ondes acoustiques pour l'échange de données entre deux pièces d'horlogerie ou entre un terminal informatique et une pièce d'horlogerie.

Enfin, le document WO 2001/10064, également au nom du présent Déposant,

décrit un système de communication acoustique entre une unité portative et un terminal de communication.

Dans les deux derniers documents susmentionnés, il est notamment proposé d'utiliser l'installation audio existante (haut-parleurs et carte son) d'un terminal

5 informatique pour transmettre les données désirées vers une unité portative au moyen d'ondes acoustiques. Un avantage de cette solution réside dans le fait qu'il n'est nullement nécessaire de pourvoir le terminal informatique d'un quelconque dispositif dédié uniquement aux opérations d'émission et/ou de réception des données.

La solution typique envisagée jusqu'à maintenant pour transmettre des  
10 données par voie acoustique, notamment du terminal informatique vers l'unité portative, consiste à générer une onde porteuse acoustique à une fréquence déterminée et à moduler cette onde porteuse acoustique en fonction des données à transmettre. La modulation de l'onde porteuse acoustique en fonction des données peut par exemple consister à moduler l'onde porteuse acoustique en amplitude, en  
15 fréquence ou en phase selon des techniques de modulations connues.

On a toutefois pu constater que les haut-parleurs dont sont typiquement équipés les terminaux informatiques du commerce sont des dispositifs fabriqués à faibles coûts et dont les caractéristiques en termes de réponse en fréquence sont très irrégulières. Des mesures effectuées sur un échantillon de haut-parleurs disponibles  
20 dans le commerce ont montré de fortes variations d'amplitude du signal en fonction de la fréquence (souvent au delà de  $\pm 10$  dB). En fait, la plupart des systèmes de haut-parleur usuellement proposés pour équiper des ordinateurs personnels ne sont pas destinés à permettre la restitution haute-fidélité de sons, et leur courbe de réponse est donc très accidentée. Cette courbe de réponse accidentée est essentiellement due au  
25 fait que l'impédance acoustique de l'enceinte varie rapidement avec la fréquence et présente des extrema très marqués aux fréquences propres, d'où des pics et des creux dans la courbe de réponse du système. On a également pu noter que ce problème de distorsion d'amplitude s'aggrave lorsque la distance entre le haut-parleur et l'unité portative est courte.

30 Un inconvénient lié à l'utilisation de systèmes haut-parleurs existants réside donc dans le fait qu'il n'est pas possible d'assurer une haute fiabilité de transmission des données par ondes acoustiques, la fréquence de l'onde porteuse acoustique pouvant éventuellement coïncider avec un pic ou un creux dans la réponse en fréquence du haut-parleur utilisé, et ce quelque soit la technique de modulation  
35 utilisée pour transmettre les données.

Une solution permettant d'augmenter la fiabilité de transmission d'un tel système de transmission de données par ondes acoustiques doit donc être

recherchée. Le but de la présente invention est de proposer une telle solution.

A cet effet, la présente invention propose un procédé de transmission de données par ondes acoustiques entre un dispositif d'émission et un dispositif de réception dont les caractéristiques sont énoncées dans la revendication 1.

- 5        La présente invention a également pour objet un système de transmission de données par ondes acoustiques pour la mise en œuvre de ce procédé de transmission et dont les caractéristiques sont énoncées dans la revendication 9.

Des modes de réalisation avantageux de la présente invention font l'objet des revendications dépendantes.

- 10        Selon l'invention, la fréquence de l'onde porteuse acoustique est ainsi variée, durant une période de temps déterminée, pour balayer une gamme de fréquences déterminée située dans la bande-passante commune aux premier et second transducteurs électroacoustiques équipant respectivement les dispositifs d'émission et de réception. De la sorte, on assure que la fréquence de l'onde porteuse acoustique  
15 transmise ne coïncide pas en tout temps avec un pic ou un creux de la caractéristique de réponse en fréquence du premier ou du second transducteur électroacoustique.

- La transmission des données est assurée par une modulation adéquate de l'onde porteuse acoustique (en particulier une modulation en amplitude) à laquelle s'ajoute une modulation en fréquence de l'onde porteuse acoustique qui a pour but  
20 essentiel d'élargir le spectre de fréquence d'émission du signal acoustique dans la bande-passante du dispositif d'émission et/ou de réception. En variant de la sorte la fréquence de l'onde porteuse acoustique, on assure que la fréquence du signal transmis ne coïncide pas en tout temps avec un pic ou un creux dans la réponse en fréquence du système acoustique utilisé. Selon l'invention, on comprendra ainsi que  
25 deux modulations de l'onde porteuse acoustique sont superposées, l'une pour transmettre les données et l'autre, en l'occurrence une variation ou une modulation en fréquence de l'onde porteuse acoustique, pour assurer une diversité spectrale suffisante de l'onde porteuse acoustique.

- Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux de la présente  
30 invention, qui a montré une efficacité particulière, la fréquence de l'onde porteuse acoustique générée par le transducteur acoustique du dispositif d'émission est variée selon une technique de modulation de fréquence à un ou plusieurs signaux modulateurs. On a pu constater que l'utilisation de cette solution conduisait à une fiabilité très élevée de transmission des données.

- 35        Selon un mode de réalisation du système de transmission de données, il est également prévu de mémoriser l'onde porteuse acoustique sous la forme d'une succession d'échantillons stockés dans une table. La génération de l'onde porteuse

acoustique modulée est de la sorte grandement simplifiée en ce sens qu'il suffit de consulter la table et générer l'onde porteuse acoustique sur la base de la succession d'échantillons mémorisés. Il n'est donc pas nécessaire de pourvoir le système d'émission de moyens électroniques dédiés. Il suffit en effet de prévoir une simple application informatique (ou « plug-in ») pour mettre en œuvre l'invention sur un terminal informatique.

On comprendra de manière générale que l'on peut recourir à deux méthodes pour la génération de l'onde porteuse acoustique : une génération directe selon laquelle on génère l'onde porteuse acoustique à l'aide d'une fonction mathématique implémentée lors de l'émission des données, ou une génération indirecte selon laquelle une « table d'onde » pré-définie est enregistrée et simplement lue lors de la restitution de l'onde porteuse acoustique.

On notera encore qu'un avantage de la présente invention réside dans le fait que la mise en œuvre de l'invention ne nécessite aucune modification de l'unité réceptrice, celle-ci opérant d'une manière parfaitement analogue à ce qui était le cas précédemment. La mise en œuvre de l'invention est donc particulièrement simple et peu coûteuse.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit de divers modes de réalisation de l'invention donnés uniquement à titre d'exemple non limitatif et illustrés par les dessins annexés où :

- la figure 1 est une illustration schématique d'un système de communication de données par ondes acoustiques entre un terminal informatique et une unité portative, telle une montre ;
- la figure 2 est un diagramme temporel d'une onde porteuse acoustique générée selon un premier mode de mise en œuvre de l'invention où la fréquence de l'onde porteuse acoustique est variée sensiblement linéairement sur une gamme de fréquences déterminée ;
- la figure 3 est un diagramme temporel d'une onde porteuse acoustique générée selon un autre mode de mise en œuvre de l'invention où la fréquence de l'onde porteuse acoustique est variée selon une technique de modulation en fréquence à deux signaux modulants ;
- la figure 4 est une illustration schématique du spectre de fréquence résultant de l'émission continue de l'onde porteuse acoustique selon le mode de mise en œuvre de la figure 3 ;
- la figure 5 est une illustration schématique de la transmission d'une séquence de bits déterminée par modulation en amplitude de l'onde porteuse

acoustique modulée en fréquence selon le mode de mise en œuvre de la figure 3 ; et

- la figure 6 est une illustration schématique d'une succession d'échantillons définissant l'onde porteuse acoustique de la figure 3 sur la durée d'émission d'un bit.

La figure 1 illustre sous forme schématique un système de communication de  
5 données par ondes acoustique entre un terminal informatique et une unité portable, désignés globalement par les références numériques 2 et 1 respectivement. L'unité portable 1 peut par exemple et avantageusement se présenter sous la forme d'une montre-bracelet pouvant être portée au poignet d'un utilisateur.

Le terminal informatique 2 peut être un ordinateur personnel, ou PC, du  
10 commerce comprenant des moyens d'émission de signaux acoustiques portant de l'information. Dans l'exemple schématique représenté à la figure 1, ces moyens se présentent typiquement sous la forme d'une carte son 24 disposée à l'intérieur de l'ordinateur personnel, d'un ou plusieurs haut-parleurs 26 et d'un microphone 28.

On rappellera qu'un avantage du système illustré dans la figure 1 réside dans  
15 le fait qu'il n'est pas nécessaire de modifier la structure du terminal informatique ou de lui adjoindre des éléments d'émission propres au type de liaison sans fil utilisée. Il suffit, pour pouvoir mettre en œuvre l'invention, d'introduire dans l'ordinateur un programme lui permettant de moduler le signal acoustique de façon à ce que ce signal puisse ensuite être convenablement décodé par l'unité portable 1.

Lorsque le terminal informatique 2 émet un signal acoustique portant une  
20 information au moyen de son ou ses haut-parleurs 26, ce signal est aussitôt capté par les moyens de réception de l'unité portable 1. Ces moyens de réception sont formés par un transducteur électroacoustique réversible 18 qui joue le rôle à la fois d'un microphone (ou récepteur acoustique) et d'un haut-parleur (ou émetteur acoustique).  
25 En mode de réception, ce transducteur électroacoustique 18 transforme le signal acoustique incident en un signal électrique qui est ensuite converti, par des moyens de conversion de l'unité portable 1, en données destinées à être traitées par des  
moyens de traitement de cette unité afin d'en extraire l'information utile portée par le signal acoustique. Dans l'exemple représenté à la figure 1, les moyens de conversion  
30 de l'unité portable 1 comprennent un amplificateur 10 du signal électrique produit par le transducteur électroacoustique 18 et un circuit de démodulation (ou démodulateur) 12 relié à l'amplificateur de signal et destiné à démoduler le signal reçu et à transmettre le signal ainsi démodulé sur une entrée d'un microcontrôleur 14  
constituant les moyens de traitement de l'unité portable. L'information portée par le  
35 signal acoustique émis par le terminal informatique 2, démodulée par le démodulateur 12 et traitée par le microcontrôleur 14, peut être stockée dans une mémoire 16 de l'unité portable 1 et/ou affichée sur un dispositif d'affichage 15 par exemple à cristaux

liquides. Une batterie 11, éventuellement rechargeable, alimente l'unité portative 1 en énergie électrique.

Dans l'optique d'émettre des données par voie acoustique au moyen de l'unité portative, cette dernière est en outre équipée de moyens de conversion et d'émission pour convertir des données fournies par les moyens de traitement de l'unité portative en un signal acoustique modulé et émettre ce signal. Comme représenté à la figure 1, ces moyens de conversion comprennent un circuit de modulation (ou modulateur) 13 qui attaque, via un circuit d'entraînement 17, les moyens d'émission, à savoir le transducteur électroacoustique 18. Les moyens de traitement de l'unité portative 1, c'est-à-dire le microcontrôleur 14, effectuent la commande du circuit de modulation 13 en fonction des données à transmettre typiquement stockées dans la mémoire 16 de l'unité portative 1.

On notera encore que le microcontrôleur 14 de la figure 1 comporte typiquement des moyens d'encodage et de décodage (respectivement en amont et en aval du modulateur 13 et du démodulateur 12. Par ailleurs, le modulateur 13 et/ou le démodulateur 12 peuvent en pratique faire partie intégrante des fonctions du microcontrôleur 14.

On ne décrira pas ici la structure détaillée du transducteur électroacoustique et des moyens de traitement et de conversion associés. On pourra par exemple se référer aux documents EP 1 075 098 et WO 2001/10064 cités en préambule et qui sont incorporés ici par référence. Dans ces documents, il est notamment proposé de modifier un circuit générateur de sons, utilisé classiquement pour générer des alarmes, en un circuit de conversion réversible susceptible de convertir un signal acoustique modulé en un signal électrique et inversement.

Il convient de noter que le système de communication illustré dans la figure 1 est agencé pour assurer une communication bidirectionnelle entre le terminal informatique et l'unité portative, le ou les haut-parleurs 26 étant utilisés pour transmettre des données de l'ordinateur personnel 2 vers l'unité portative 1, le microphone 28 étant quant à lui utilisé pour recevoir des données transmises par l'unité portative 1. Dans la suite de la description, on s'intéressera plus particulièrement au transfert de données du terminal informatique 2 vers l'unité portative 1.

Comme mentionné en préambule, un inconvénient des solutions antérieures réside dans le fait que la fréquence de l'onde porteuse acoustique utilisée pour transmettre les données peut coïncider avec un creux ou un pic de la réponse en fréquence du haut-parleur utilisé. Ce problème se pose quelque soit le type de modulation utilisé pour coder l'information. Dans le cas d'une modulation d'amplitude,



l'information est codée au moyen d'une variation de l'amplitude de l'onde porteuse acoustique, cette dernière étant transmise à une fréquence déterminée qui peut donc coïncider avec une irrégularité dans la réponse en fréquence du haut-parleur. Il en va de même avec la modulation de phase où l'information est codée par une variation de la phase du signal. Enfin, dans le cas d'une modulation en fréquence où l'information est codée par une variation de la fréquence de l'onde porteuse acoustique, la fréquence de l'onde porteuse acoustique modulée peut au moins partiellement coïncider avec une irrégularité dans la réponse en fréquence du haut-parleur, et une partie des données être en conséquence perdue.

10 Selon l'invention, on choisit toutefois d'introduire une forte diversité spectrale dans l'onde porteuse acoustique en faisant varier la fréquence de cette onde porteuse dans une gamme de fréquences déterminées dans la bande-passante commune au transducteur électroacoustique du haut-parleur et au transducteur électroacoustique de l'unité portative. Les données à transmettre sont transmises par une modulation adéquate de l'onde porteuse acoustique elle-même modulée en fréquence. Le choix de la modulation utilisée pour transmettre les données est dicté par la condition selon laquelle les deux modulations (la modulation utilisée pour transmettre les données et la modulation en fréquence adoptée pour assurer une diversité spectrale suffisante de l'onde porteuse acoustique) ne doivent pas ou peu interférer.

20 La solution la plus simple est de faire appel à une technique de modulation en amplitude de l'onde porteuse acoustique pour transmettre les données en sus de la modulation en fréquence de cette onde porteuse acoustique. Dans ce cas, on notera qu'il convient cependant de choisir des paramètres de modulation en fréquence assurant, d'une part, comme déjà mentionné, une diversité spectrale suffisante de l'onde porteuse acoustique, et, d'autre part, que l'enveloppe du signal acoustique soit affectée au minimum.

Une alternative à la modulation d'amplitude pourrait être une modulation de fréquence. On notera dans ce cas que le décodage de l'information devient plus complexe car la modulation de fréquence utilisée pour transmettre les données se superpose à la modulation de fréquence utilisée pour étaler le spectre de fréquence dans la bande passante utile. Dans ce cas, un démodulateur de type I/Q (avec signaux en quadrature de phase) permettrait de discriminer la phase ou la fréquence de l'onde porteuse.

35 Dans la suite de la description, on admettra par simplification que les données sont transmises par modulation de l'amplitude de l'onde porteuse acoustique. Plus spécifiquement, on partira du principe que l'onde porteuse acoustique a un niveau d'amplitude déterminé non nul sur la durée d'émission d'un bit lorsque la valeur de ce

bit équivaut à un premier niveau logique (par exemple « 1 »), et a un niveau d'amplitude nul sur la durée d'émission d'un bit lorsque la valeur de ce bit équivaut au second niveau logique (par exemple « 0 »). On peut par exemple se référer à la figure 5 qui montre un diagramme d'émission d'une séquence de bits adoptant la technique susmentionnée.

On notera qu'il s'agit ici d'un mode de modulation en amplitude spécifique et que d'autres modes de modulation en amplitude peuvent parfaitement être envisagés, par exemple un mode de modulation où un bit à « 1 » est transmis sous la forme d'une succession de deux demi-périodes où l'amplitude de l'onde porteuse acoustique est tout d'abord non-nulle puis nulle et où un bit à « 0 » est transmis sous la forme d'une succession de deux demi-périodes où l'amplitude de l'onde porteuse acoustique est, à l'inverse, nulle puis non-nulle (on parle communément de modulation ou encodage Manchester dans ce cas).

La solution pour assurer une grande diversité spectrale du signal acoustique dans une gamme de fréquences déterminée consiste à varier la fréquence de l'onde porteuse acoustique dans la bande-passante utile, c'est-à-dire la bande-passante commune au transducteur électroacoustique équipant le haut-parleur et au transducteur électroacoustique équipant l'unité portable. A titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, on a pu définir que la bande-passante utile du système correspondait à une gamme de fréquences allant approximativement de 2'700 Hz à 4'000 - 4'500 Hz (soit une bande-passante de l'ordre de 1.5 kHz), cette bande-passante étant essentiellement déterminée par les caractéristiques du transducteur électroacoustique employé dans l'unité portable et par la construction de cette unité portable.

Une première solution envisageable consiste à varier la fréquence de manière sensiblement linéaire dans la bande utile. Dans ce cas, l'onde porteuse acoustique peut être exprimée sous la forme analytique suivante :

$$\text{CARRIER}(t) = \sin(2\pi \cdot (f_0 + \Delta f \cdot (t/T_{\text{bit}})) \cdot t + \alpha) \quad (1)$$

où  $f_0$  est la fréquence à laquelle doit débiter le balayage en fréquence,  $\Delta f$  correspond à la moitié de la bande de fréquence sur laquelle le balayage doit être effectué,  $T_{\text{bit}}$  est la durée d'émission d'un bit, et  $\alpha$  est un déphasage adéquat permettant d'assurer la continuité de l'onde porteuse acoustique d'un bit à un autre (ce déphasage peut être négligé le cas échéant). Ce déphasage  $\alpha$  peut être exprimé de la manière suivante :

$$\alpha = (2\pi \cdot (f_0 + \Delta f) \cdot T_{\text{bit}}) \cdot (N - 1) \quad (2)$$

où N correspond au N<sup>ème</sup> bit considéré.

Une représentation de l'onde porteuse acoustique selon l'expression (1) ci-dessus est présentée à la figure 2. Dans cette figure, on a choisi arbitrairement une période d'émission de bit équivalant à environ 7,8 ms (exactement 7,8125 ms = 1/128) et des paramètres  $f_0$  et  $\Delta f$  valant respectivement 3'000 et 1'000 Hz. Dans cette représentation, on notera que la phase  $\alpha$  du signal est également ajustée d'un bit au suivant.

Une analyse spectrale de l'onde porteuse acoustique générée selon le principe ci-dessus montre que la gamme de fréquences sur laquelle l'onde porteuse acoustique est générée s'étend essentiellement de la fréquence  $f_0$  sélectionnée sur une largeur de bande équivalant à  $2 \cdot \Delta f$ . Dans l'exemple numérique mentionné ci-dessus où  $f_0$  et  $\Delta f$  valent respectivement 3'000 et 1'000 Hz, le spectre de l'onde porteuse acoustique générée s'étend ainsi essentiellement dans une bande de fréquences comprise entre 3'000 et 5'000 Hz.

Une solution alternative à la solution consistant à varier linéairement la fréquence de l'onde porteuse acoustique sur une gamme de fréquence déterminée consiste à varier la fréquence de l'onde porteuse acoustique selon une technique de modulation en fréquence à un ou plusieurs signaux modulants. Dans le cas d'une modulation en fréquence à deux signaux modulants, l'onde porteuse acoustique peut être exprimée sous la forme analytique suivante :

$$\text{CARRIER}(t) = \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t + \Delta 1 / f_1 \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + \Delta 2 / f_2 \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t)) \quad (3)$$

où  $f_0$  est la fréquence centrale de l'onde porteuse acoustique,  $f_1$  et  $\Delta 1$  sont respectivement la fréquence et la déviation maximale du premier signal modulant et  $f_2$  et  $\Delta 2$  sont respectivement la fréquence et la déviation maximale du second signal modulant. Comme précédemment, en référence à l'expression (1), il est envisageable d'inclure en outre, dans la définition de l'onde porteuse acoustique susmentionnée, une valeur de déphasage ajustée pour assurer la continuité de l'onde porteuse acoustique d'un bit à un autre, ce paramètre n'étant toutefois pas nécessaire.

Une représentation de l'onde porteuse acoustique selon l'expression (3) ci-dessus est présentée à la figure 3. Dans cette figure, on a à nouveau choisi une période d'émission de bit  $T_{\text{bit}}$  équivalant à environ 7,8 ms. Les paramètres  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $\Delta 1$ ,  $f_2$  et  $\Delta 2$  valant dans cet exemple respectivement 3'331, 1'000, 200, 600 et 120 Hz. On notera que le choix des paramètres  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $\Delta 1$ ,  $f_2$  et  $\Delta 2$  est dicté par certaines

contraintes. La fréquence centrale  $f_0$  est ainsi définie en fonction de la bande-passante utile du système et se situe sensiblement au milieu de cette bande-passante utile. Les paramètres de modulation  $f_1$ ,  $\Delta 1$ ,  $f_2$  et  $\Delta 2$  sont choisis, quant à eux, en fonction de la durée d'émission d'un bit  $T_{bit}$  et de la largeur de la bande-passante utile du système, la contrainte essentielle étant d'assurer une diversité spectrale suffisante de l'onde porteuse acoustique dans la bande-passante utile.

Le choix des paramètres  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $\Delta 1$  et  $\Delta 2$  permet de jouer sur la largeur de bande du spectre de fréquence de l'onde porteuse acoustique, ainsi que sur le nombre et la position des pics de fréquence de l'onde porteuse acoustique. A titre d'exemple illustratif, la figure 4 montre le spectre résultant d'une répétition continue de l'onde porteuse acoustique de la figure 3, où la période de répétition est de 7,8 ms. On peut notamment noter un pic de fréquence à la fréquence centrale de 3'331 Hz et des pics additionnels à 2'331 Hz, 2'731 Hz, 3'931 Hz et 4'331 Hz ainsi que d'autres pics de fréquence d'intensité plus faible.

D'un point de vue qualitatif, on a pu constater que la seconde solution susmentionnée où l'onde porteuse acoustique est modulée par un ou plusieurs signaux modulateurs donne de meilleurs résultats. Dans la mesure où les données sont transmises par modulation d'amplitude de l'onde porteuse acoustique, on notera que la modulation de la fréquence de l'onde porteuse acoustique qui est adoptée doit être telle que l'enveloppe de cette onde porteuse acoustique reste sensiblement constante (c'est-à-dire reste sensiblement non affectée) pour un niveau d'amplitude de modulation donné, ceci de manière à ne pas perturber, ou perturber au minimum, la transmission des données.

Dans l'optique d'une implémentation de l'invention sur un terminal informatique équipé d'un ou plusieurs haut-parleurs, il sera avantageux (notamment dans l'optique de limiter la charge de calcul pour le terminal informatique) de mémoriser l'onde porteuse acoustique sous la forme d'une succession d'échantillons prédéterminés. En particulier, il conviendra de mémoriser une succession d'échantillons représentatifs de l'onde porteuse acoustique sur la durée d'un bit, par exemple sous la forme d'une table stockée dans la mémoire du terminal informatique. Pour générer l'onde acoustique, il suffit alors de consulter cette table mémorisée pour générer la portion de l'onde porteuse acoustique correspondant à la durée d'émission d'un bit et de répéter cette opération pour chaque bit à transmettre. Cette onde porteuse acoustique est ensuite modulée en fonction des données à transmettre. Dans le cas particulier où les données sont transmises par modulation en amplitude selon le principe mentionné plus haut en référence à la figure 5, on comprendra que l'onde porteuse acoustique n'est à proprement parler générée que lorsqu'il est nécessaire de transmettre un bit à

« 1 », l'amplitude de l'onde porteuse acoustique étant nulle lors de la transmission d'un bit à « 0 ».

On notera qu'une fréquence d'échantillonnage typiquement adoptée pour l'échantillonnage de signaux audio sur ordinateurs personnels vaut 44'100 Hz. Pour une durée d'émission de bit Tbit d'environ 7,8 ms, prise ici à titre d'exemple, l'onde porteuse acoustique peut ainsi être représentée par un ensemble de 344 échantillons successifs. La figure 6 est une représentation, sur une durée d'émission d'un bit, de l'onde porteuse acoustique de la figure 3 échantillonnée à 44'100 Hz.

On comprendra de manière générale que diverses modifications et/ou améliorations évidentes pour l'homme du métier peuvent être apportées aux modes de réalisation décrits dans la présente description sans sortir du cadre de l'invention défini par les revendications annexées. En particulier, la présente invention n'est pas limitée aux deux modes de mise en œuvre décrits ci-dessus, où la fréquence de l'onde porteuse acoustique est variée de manière sensiblement linéaire ou selon une technique de modulation de fréquence à plusieurs signaux modulants. Toute autre modulation adéquate permettant de faire varier la fréquence de l'onde porteuse acoustique pourrait être adoptée, pour autant que cette modulation permette d'assurer une diversité spectrale suffisante de l'onde porteuse acoustique dans la bande-passante désirée.

Enfin, la présente invention n'est pas limitée à la mise en œuvre du procédé proposé dans un système comportant au moins un terminal informatique et une unité portable. Le procédé de transmission proposé s'applique dans tout système de transmission de données par ondes acoustiques où le transducteur électroacoustique équipant le dispositif d'émission présente une réponse en fréquence accidentée. De même, le même principe peut être adopté pour éviter que la fréquence de l'onde porteuse acoustique coïncide avec une irrégularité de la réponse en fréquence du transducteur électroacoustique utilisé dans le récepteur (par exemple le microphone du terminal informatique). Le procédé de transmission proposé pourrait ainsi être mis en œuvre dans l'unité portable pour améliorer la fiabilité de transmission des données de l'unité portable vers le terminal informatique.

D'autre part, la configuration de l'unité portable illustrée dans la figure 1 fait appel à un transducteur électroacoustique réversible. On comprendra aisément que deux transducteurs électroacoustiques dédiés respectivement à l'émission et à la réception de données pourraient être utilisés. Enfin, la présente invention s'applique également dans le cas d'un système de transmission de données unidirectionnel.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de transmission de données par ondes acoustiques entre un dispositif d'émission (2) et un dispositif de réception (1),

ledit dispositif d'émission (2) étant muni d'un premier transducteur électroacoustique (26) pour transmettre une onde porteuse acoustique à au moins  
5 une fréquence et de moyens pour moduler ladite onde porteuse acoustique en fonction de données à transmettre,

ledit dispositif de réception (1) étant muni d'un second transducteur électroacoustique (18) pour recevoir ladite onde porteuse acoustique modulée par le dispositif d'émission et de moyens pour démoduler ladite onde porteuse acoustique et  
10 en extraire les données transmises,

lesdits premier et second transducteurs électroacoustiques (26, 18) présentant chacun une bande-passante déterminée et une caractéristique de réponse en fréquence déterminée,

caractérisé en ce que la fréquence de ladite onde porteuse acoustique est  
15 variée, durant une période de temps déterminée, pour balayer une gamme de fréquences déterminée située dans la bande-passante commune aux dits premier et second transducteurs électroacoustiques (26, 18), de sorte que la fréquence de l'onde porteuse acoustique transmise ne coïncide pas en tout temps avec un pic ou un creux de la caractéristique de réponse en fréquence dudit premier ou dudit second  
20 transducteur électroacoustique.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de modulation du dispositif d'émission sont des moyens de modulation en amplitude et en ce que la fréquence de ladite onde porteuse acoustique est variée de sorte que l'enveloppe de cette onde porteuse acoustique reste sensiblement constante pour un  
25 niveau d'amplitude de modulation donné.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la fréquence de ladite onde porteuse acoustique est variée sensiblement linéairement sur ladite gamme de fréquences déterminée.

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la  
30 fréquence de ladite onde porteuse acoustique est variée selon une technique de modulation de fréquence à un ou plusieurs signaux modulants.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la fréquence de ladite onde porteuse acoustique est variée selon une technique de modulation de fréquence à deux signaux modulants et présente une forme du type défini par la  
35 relation suivante :

$$\text{CARRIER}(t) = \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t + \Delta 1 / f_1 \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + \Delta 2 / f_2 \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t)) \quad (3)$$

où CARRIER(t) est l'expression de ladite onde porteuse acoustique en fonction du temps,  $f_0$  est la fréquence centrale de ladite onde porteuse acoustique,  $f_1$  et  $\Delta 1$  sont respectivement la fréquence et la déviation maximale du premier signal modulant et  $f_2$  et  $\Delta 2$  sont respectivement la fréquence et la déviation maximale du second signal modulant.

6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que ladite onde porteuse acoustique est une onde acoustique présentant une fréquence centrale de l'ordre de 3'000 à 3'500 Hz modulée en fréquence par lesdits signaux modulants.

7. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que les données à transmettre sont une succession de bits transmis par modulation en amplitude de ladite onde porteuse acoustique entre des premiers et seconds niveaux d'amplitude déterminés, et en ce que les paramètres de modulation en fréquence de ladite onde porteuse acoustique sont sélectionnés de sorte que le spectre de fréquence de l'onde porteuse acoustique résultant de ladite modulation en fréquence couvre sensiblement toute la bande-passante commune aux dispositifs d'émission et de réception.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite onde porteuse acoustique est mémorisée dans ledit dispositif d'émission sous la forme d'une succession d'échantillons stockés dans une table.

9. Système de transmission de données par ondes acoustiques pour la mise en œuvre du procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ce système comporte :

- un terminal informatique (2) associé à au moins un dispositif d'émission acoustique (26) équipé d'un premier transducteur électroacoustique pour transmettre ladite onde porteuse acoustique; et

- au moins un dispositif portable (1) muni d'un dispositif de réception acoustique (18) équipé d'un second transducteur électroacoustique pour recevoir ladite onde porteuse acoustique.

10. Système de transmission de données selon la revendication 9, où ladite onde porteuse acoustique est mémorisée dans ledit terminal informatique (2) sous la forme d'une succession d'échantillons stockés dans une table, caractérisé en ce que ledit terminal informatique comporte des moyens logiciels pour :

- consulter ladite table ;
- générer une onde porteuse acoustique sur la base de ladite succession

d'échantillons ; et

- moduler l'onde porteuse acoustique en fonction des données à transmettre.



Fig. 1

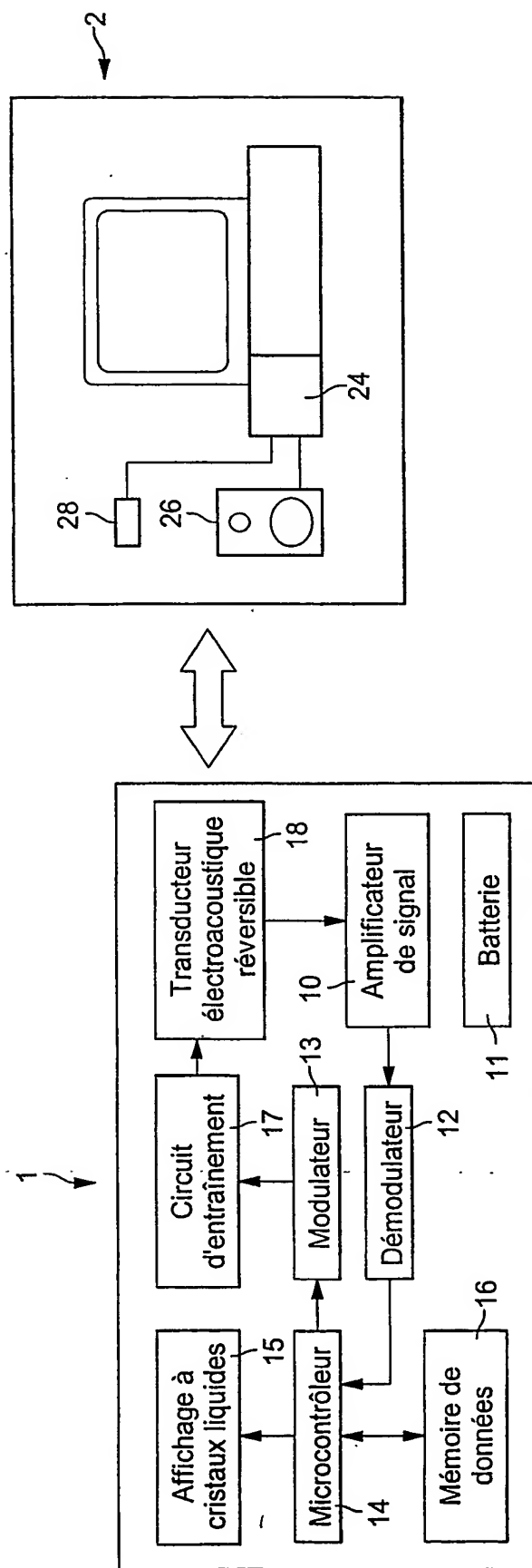


Fig. 2

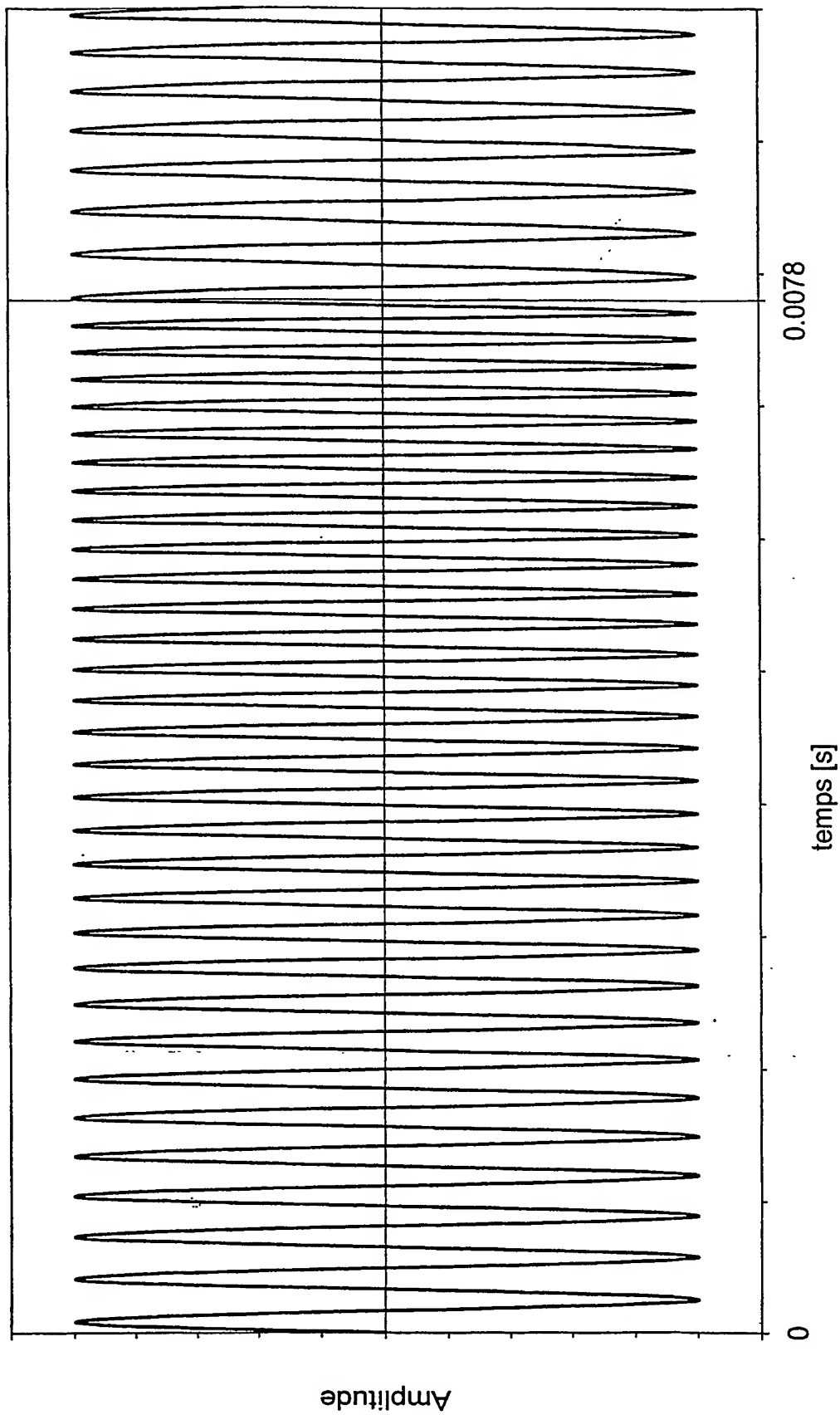


Fig. 3

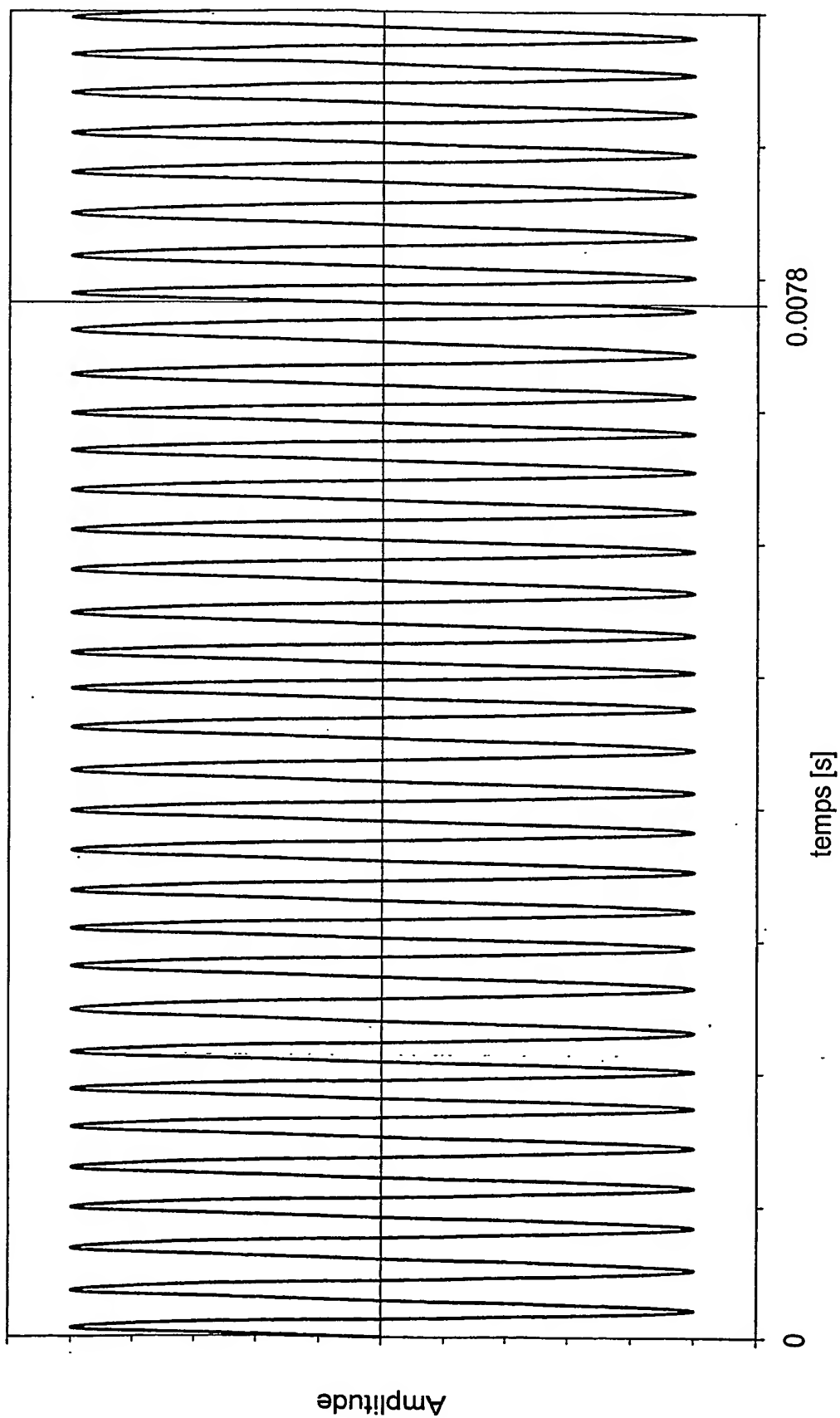


Fig. 4

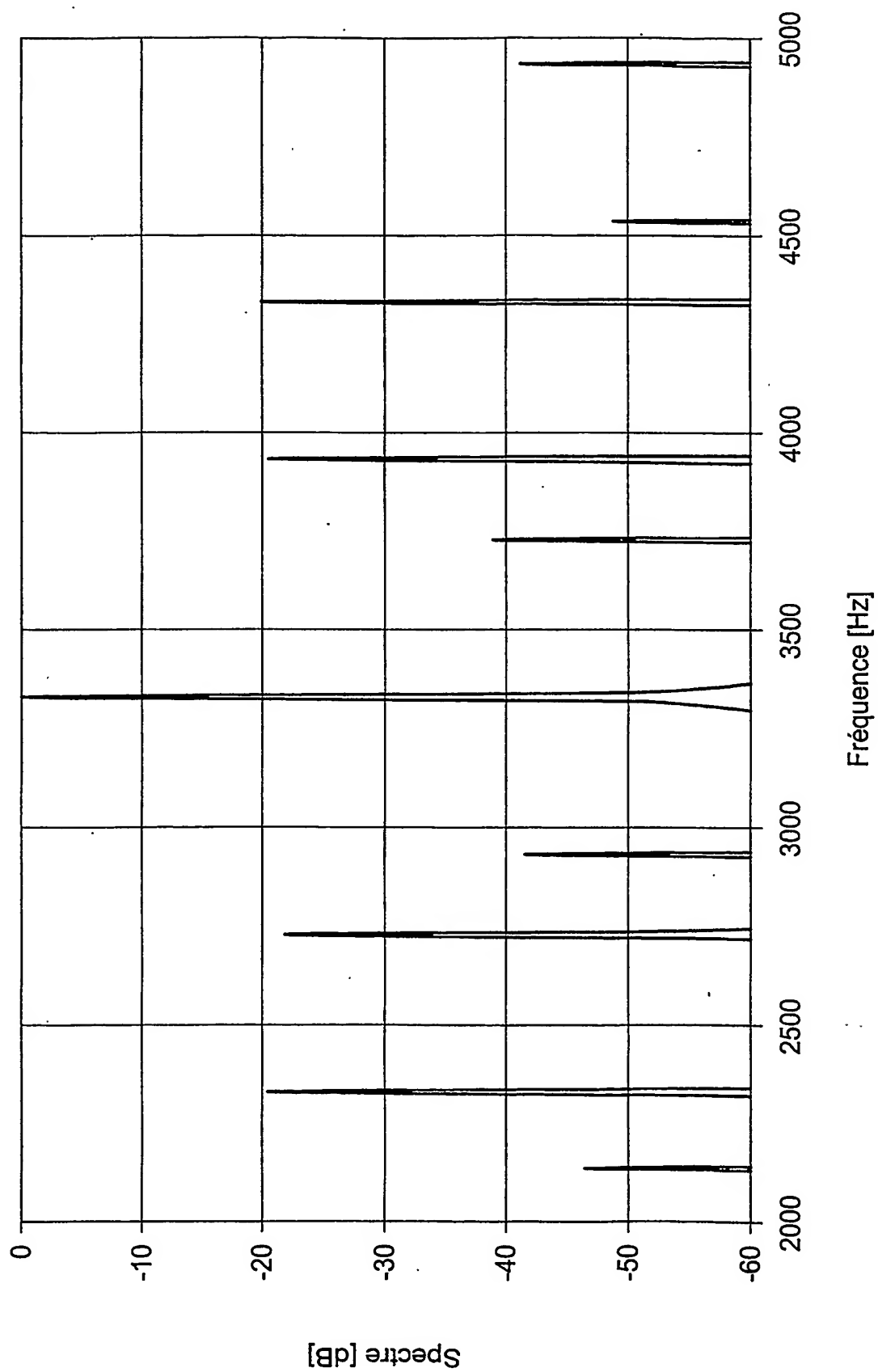
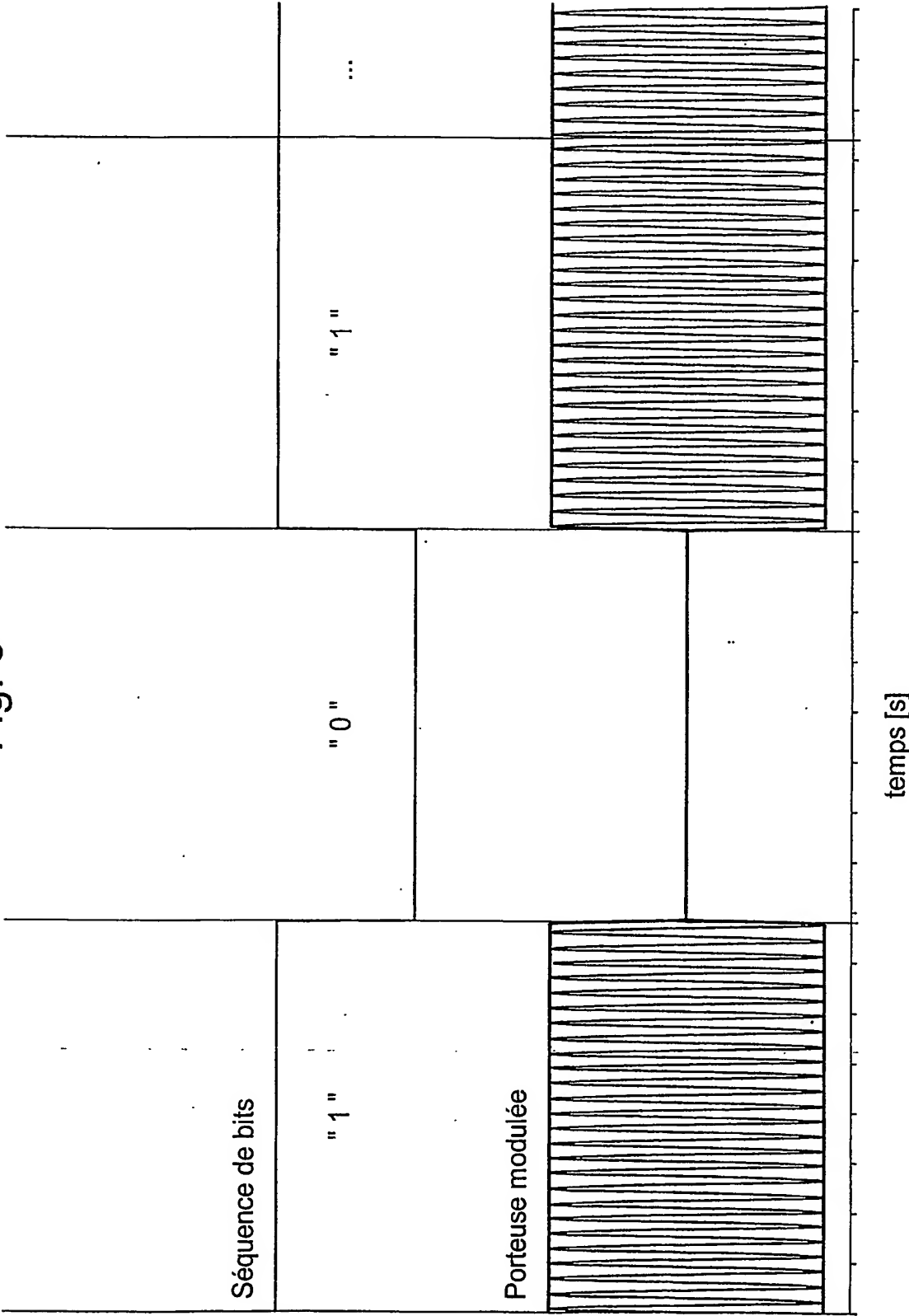


Fig. 5



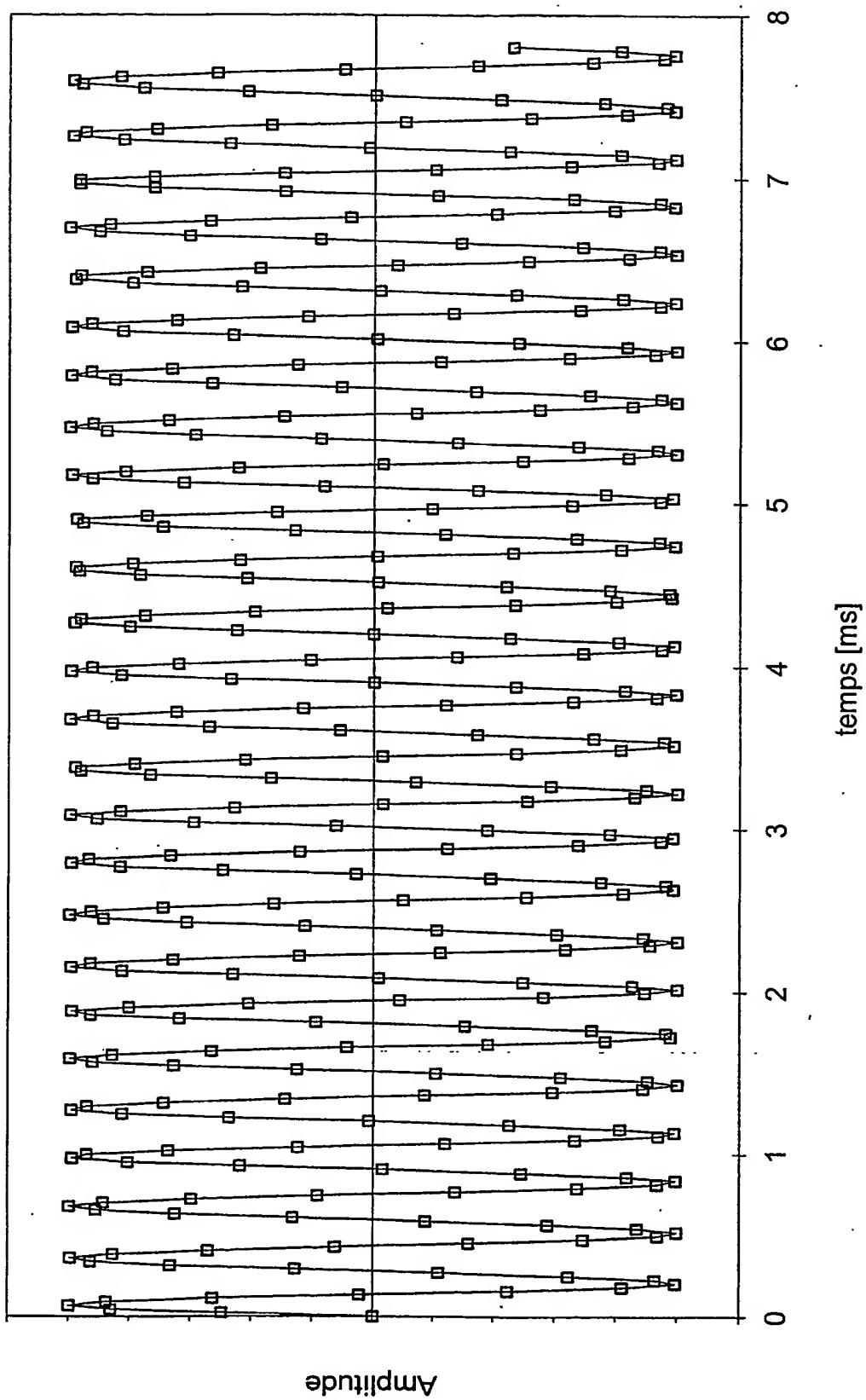


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 02/14900

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04B11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 236 889 B1 (SHELTON MICHAEL B ET AL) 22 May 2001 (2001-05-22) column 1, line 55 -column 2, line 31 -----	1-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 008 (E-221), 13 January 1984 (1984-01-13) & JP 58 172026 A (CLARION KK), 8 October 1983 (1983-10-08) abstract -----	1-10
A	EP 1 075 098 A (EBAUCHESFABRIK ETA AG) 7 February 2001 (2001-02-07) cited in the application abstract -----	1-10



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 August 2003

Date of mailing of the international search report

13/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Shaan, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/14900

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6236889	B1	22-05-2001	NONE	
JP 58172026	A	08-10-1983	JP 1629968 C	20-12-1991
			JP 2041927 B	20-09-1990
EP 1075098	A	07-02-2001	EP 1075098 A1	07-02-2001
			AU 1507000 A	19-02-2001
			AU 1507100 A	19-02-2001
			CA 2381149 A1	08-02-2001
			CN 1367962 T	04-09-2002
			CN 1373864 T	09-10-2002
			WO 0110064 A1	08-02-2001
			WO 0109689 A1	08-02-2001
			EP 1206856 A1	22-05-2002
			EP 1206729 A1	22-05-2002
			JP 2001100772 A	13-04-2001
			JP 2003506917 T	18-02-2003
			JP 2003506692 T	18-02-2003



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/EP 02/14900

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H04B11/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 236 889 B1 (SHELTON MICHAEL B ET AL) 22 mai 2001 (2001-05-22) colonne 1, ligne 55 -colonne 2, ligne 31 ---	1-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008; no. 008 (E-221), 13 janvier 1984 (1984-01-13) & JP 58 172026 A (CLARION KK), 8 octobre 1983 (1983-10-08) abrégé ---	1-10
A	EP 1 075 098 A (EBAUCHESFABRIK ETA AG) 7 février 2001 (2001-02-07) cité dans la demande abrégé -----	1-10



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 août 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13/08/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Shaan, M

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres des familles de brevets

Descriptive internationale No

PCT/EP 02/14900

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6236889	B1	22-05-2001	AUCUN	
JP 58172026	A	08-10-1983	JP 1629968 C	20-12-1991
			JP 2041927 B	20-09-1990
EP 1075098	A	07-02-2001	EP 1075098 A1	07-02-2001
			AU 1507000 A	19-02-2001
			AU 1507100 A	19-02-2001
			CA 2381149 A1	08-02-2001
			CN 1367962 T	04-09-2002
			CN 1373864 T	09-10-2002
			WO 0110064 A1	08-02-2001
			WO 0109689 A1	08-02-2001
			EP 1206856 A1	22-05-2002
			EP 1206729 A1	22-05-2002
			JP 2001100772 A	13-04-2001
			JP 2003506917 T	18-02-2003
			JP 2003506692 T	18-02-2003